

Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors, insbesondere eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeuges, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Die Notwendigkeit der Kühlung von Motoren, insbesondere von Verbrennungsmotoren, ergibt sich aus der Tatsache, dass eine übermäßige thermische Belastung des Motors zur Beeinträchtigung seiner Funktionsweise oder auch zu irreversiblen Beschädigungen des Motors führen kann. So halten beispielsweise die von heißen Gasen berührten Flächen und deren Schmierung im Zylinderinneren eines Verbrennungsmotors den auftretenden Temperaturen nur in gewissen Grenzen ohne Beschädigung stand. Einzelne Teile, wie beispielsweise Zündkerzen, Einspritzdüsen, Abgasventile, Vorkammern oder auch Kolbenböden müssen besonders hohen Durchschnittstemperaturen standhalten. Derartige Teile werden daher aus Werkstoffen hergestellt, die eine besonders hohe Wärmefestigkeit beziehungsweise eine gute Wärmeableitung aufweisen.

Zur Wärmeableitung werden unter Anderem Kühlsysteme eingesetzt, bei denen ein Kühlmittel, das die Kühlwasserräume, welche beispielsweise Zylinderkopf und Motorblock des Verbrennungsmotors umgeben, durchströmt. Die vom Kühlmittel aufgenommene Wärmemenge wird anschließend über einen Kühler zumindest teilweise an die Umgebung abgegeben oder aber über einen im Kühlsystem vorgesehenen, zusätzlichen Wärmetauscher für die Heizung, beispielsweise des Fahrzeuginnenraumes, genutzt.

Die Kühlmitteltemperatur kann dabei von einem Temperatursensor gemessen werden, der im Kühlkreislauf

angeordnet ist und die aktuelle, vorliegende Temperatur des Kühlwassers erfasst und beispielsweise an ein Steuergerät weiterleitet. Diese Steuerung überwacht die Temperatur des Kühlmittels und vergleicht diese mit einer zulässigen Maximaltemperatur für das Kühlmittel beziehungsweise für den vom Kühlmittel durchflossenen Motor, die im Betrieb nicht überschritten werden darf.

Aus der EP 0 442 489 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kühlung eines Verbrennungsmotors bekannt, bei dem ein erster Temperatursensor die Temperatur des Kühlmittels ausgangs des Zylinderkopfes detektiert. Desweiteren weist das Verfahren der EP 0 442 489 A1 einen weiteren Temperatursensor auf, der direkt auf dem Motorblock angebracht ist und der dazu dient, die Motoröltemperatur zu bestimmen. Steigt die Motoröltemperatur über einen festgesetzten Wert, so wird der Kühlmittelstrom, der den Verbrennungsmotor durchströmt, in zwei unterschiedliche Zweige aufgeteilt. Der erste Zweig des Kühlmittelstroms durchströmt weiterhin den Zylinderkopf, wohingegen der zweite verbleibende Teil des Kühlmittelstroms den Zylinderblock durchströmt. Der Kühlmittelvolumenstrom durch den Zylinderblock kann entsprechend der Motoröltemperatur im Zylinderblock geregelt werden.

Die EP 0 894 953 A1 offenbart ein Kühlsystem für den Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges mit einer Vielzahl von Sensoren, die eine entsprechende Anzahl von Parametern des Motors im Betrieb messen. So weist das Kühlsystem der EP 0 894 953 A1 insbesondere drei Temperatursensoren auf, die zum Einen im Zylinderkopfkühlkreis, zum Anderen im Motorblockkühlkreis und zuletzt am Auslass des Zylinderkopfkühlkreises angebracht sind. Diese Sensoren detektieren jeweils eine Temperatur des Motorgehäuses und geben die entsprechenden Signale an eine zentrale, elektronische Kontrolleinheit des Kühlkreislaufes weiter.

Die zentrale Kontrolleinheit des Kühlsystems steuert auf Grundlage der unterschiedlichen Sensorsignale verschiedene, im Kühlkreislauf befindliche Komponenten des Kühlsystems, wie beispielsweise ein Kühlluftgebläse, eine Kühlmittelpumpe oder ein Drossel- beziehungsweise Bypassventil.

Nachteilig bei dem in der EP 0 894 953 A1 offenbarten Kühlsystem für den Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges ist die Tatsache, dass zur Bestimmung der Motortemperatur eine Vielzahl von Sensoren, insbesondere Temperatursensoren, eingesetzt werden müssen. Diese Sensoren sind aufgrund der hohen mechanischen und auch thermischen Belastung im Motorraum eines Kraftfahrzeuges sehr anfällig für Fehlfunktionen oder einen Totalausfall ihrer Funktion. Darüber hinaus bedeutet die Verwendung einer Vielzahl von Sensoren einen nicht unerheblichen Kostenfaktor sowie die deutliche Erhöhung der Komplexität des Kühlsystems beziehungsweise seiner Regelung.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass die Anzahl der verwendeten Sensoren im Kühlsystem auf ein Minimum reduziert werden kann. In einfacher Weise lässt sich die Motortemperatur beziehungsweise die Temperatur einzelner Bauteile des Motors durch die Kühlmitteltemperatur und den Volumenstrom des Kühlmittels, der durch den Motor beziehungsweise einzelne Bauteile des Motors geleitet wird, bestimmen. Auf diese Weise kann auf eine Vielzahl von Detektoren verzichtet werden, andererseits jedoch ist aufgrund der ständigen Diagnose der Motortemperatur sichergestellt, dass die thermisch empfindlichen Teile des Motors keinen Schaden nehmen.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch beschriebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, den zur Bestimmung der Bauteiltemperatur des Motors benötigten Wert für den Volumenstrom des Kühlmittels aus dem von der Umwälzpumpe des Kühlmittels benötigten elektrischen Strom zu bestimmen. Eine elektrische Pumpe zur Umwälzung des Kühlmittels im Kühlkreislauf wird im stationären Zustand bei konstanter elektrischer Spannung  $U$ , konstantem elektrischen Strom  $I$  und einer Drehzahl  $N$  der Pumpe einen konstanten Volumenstrom fördern. Der Betriebspunkt der Pumpe, das heisst der Druckaufbau  $\Delta p$ , sowie der Volumenstrom  $\Delta V/\Delta t$  kann anhand der bekannten Pumpenkennlinien und dem bekannten Strömungswiderstand des Kühlkreislaufes aus der Kenntnis der obigen Werte ( $U$ ,  $I$ ,  $N$ ) bestimmt werden.

So kann beispielsweise bei bekannter Ansteuerung (d.h. konstanter elektrischer Spannung  $U$  über der Pumpe), falls diese immer einen konstanten elektrischen Strom  $I$  „zieht“, aus der Drehzahl  $N$  der Pumpe auf die Last der Pumpe und somit auf den durch die Pumpe geförderten Volumenstrom geschlossen werden. In analoger Weise kann, wenn die Pumpe eine konstante Drehzahl  $N$  hält, aus der Messung des von der Pumpe benötigten elektrischen Stroms  $I$  auf die Last der Pumpe und damit auf den Volumenstrom des Kühlmittels geschlossen werden.

Auf diese Weise kann durch die Kenntnis ohnehin vorliegender Daten, wie der Pumpenkennlinien und dem von der Pumpe benötigten Strom auf den geförderten Volumenstrom und somit bei Kenntnis der Kühlmitteltemperatur auch auf die gesuchte Motortemperatur geschlossen werden. In sehr vorteilhafter Weise werden damit vorliegende Betriebsparameter des Kühlsystems genutzt, um zusätzliche Informationen über

kritische Stellen des Kühlkreislaufes zu erhalten. Ein erhöhter Aufwand aufgrund von zusätzlich eingesetzten Sensoren zur Detektion der benötigten Daten ist bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht oder nur im beschränkten Umfang notwendig.

In vorteilhafter Weise ist in einem zum Kühlkreislauf gehörigen Steuergerät ein numerisches Modell des Kühlkreislaufes mit seinen einzelnen Komponenten, insbesondere dem Motor beziehungsweise einem thermischen Modell des Motors, der Schlauchführung mit den zugehörigen Strömungswiderständen, der Stellung der Ventile, sowie weiterer, den Kühlkreislauf beschreibender Parameter abgelegt. Im Steuergerät liegt somit ein Modell beziehungsweise eine Bedatung vor, die den Einfluss oder die maximal zulässigen Abweichungen des Kühlmittelvolumenstroms auf die Bauteiltemperatur modelliert. Durch den Vergleich der aktuell vorliegenden Ist-Bauteiltemperatur mit den im Steuergerät abgelegten Daten der zugehörigen Soll-Bauteiltemperatur kann daher ein Korrektursignal beziehungsweise eine Stellgröße generiert werden, die den Kühlmittelvolumenstrom durch den Motor in gewünschter Weise ändert, um die Ist-Kühlmitteltemperatur an die Soll-Kühlmitteltemperatur anzupassen.

In vorteilhafter Weise verwendet das erfindungsgemäße Verfahren eine zweite Stellgröße beziehungsweise ein zweites Korrektursignal, um sicherzustellen, dass die Kühlleistung des Kühlkreislaufes in einem optimalen Bereich für den Motor arbeitet. Dieses zweite Korrektursignal lässt sich direkt aus der Kühlmitteltemperatur generieren. Dazu wird die Kühlmitteltemperatur beispielsweise über einen Temperatursensor erfasst und die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels mit einem im Steuergerät abgelegten, zeitabhängigen Modell für die Entwicklung der Kühlmitteltemperatur verglichen. Dieses im Steuergerät

abgelegte, zeitabhängige Modell für die Kühlmitteltemperatur kann beispielsweise ein rechnerisches Modell der Entwicklung der Kühlmitteltemperatur beim Kaltstart des Kraftfahrzeuges sein oder andere typische Fahrsituationen nachbilden. Das theoretische Modell gestattet es zu erkennen, ob die Kühlmitteltemperatur des Kühlkreislaufes im „richtigen Maße“ ansteigt. Dazu kann beispielsweise eine optimale Temperaturbandbreite für den Motor - in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation - im Steuergerät abgelegt sein. Bei Vorliegen einer Abweichung der aktuellen Ist-Kühlmitteltemperatur von der im Steuergerät für die jeweilige Situation abgelegte Soll-Kühlmitteltemperatur, beziehungsweise beim Abweichen der Ist-Kühlmitteltemperatur aus der vorgegebenen Temperaturbandbreite wird dann ein zweites Korrektursignal generiert. Die Steuerung beziehungsweise Regelung des Kühlkreislaufs durch diese zweite Stellgröße kann der entsprechenden Regelung des Volumenstromes überlagert sein, so dass diese zweite Regelung als zusätzliche Sicherheitskontrolle für den Kühlkreislauf genutzt werden kann.

In vorteilhafter Weise kann die Fördermenge der Umwälzpumpe, das heisst, insbesondere deren Drehzahl entsprechend den generierten Korrektursignalen variiert werden. So ist es möglich, den Kühlmittelvolumenstrom, und somit die Motortemperatur, bedarfsgerecht zu variieren.

Neben der Steuerung beziehungsweise Regelung der Kühlmittelpumpe können auch die im Kühlkreislauf angeordneten Ventile und weitere, dem Kühlkreislauf zugeordnete Komponenten, wie beispielsweise ein Kühlluftgebläse für den Kühler des Kühlkreislaufes entsprechend der generierten Korrektursignale durch das Steuergerät bedarfsgerecht geregelt werden, so dass zu jedem Zeitpunkt, ein der vorliegenden Fahrsituation optimal

angepasster Kühlmittelvolumenstrom beziehungsweise eine optimierte Kühlmitteltemperatur im Kühlkreislauf vorliegt.

Vorteilhaft gestattet das erfindungsgemäße Verfahren zudem, dass das Steuergerät die Kühlleistung des Kühlkreislaufes und insbesondere den Kühlmittelvolumenstrom durch den Motor unter Berücksichtigung weiterer Betriebsparameter des Fahrzeuges regeln kann. Als Beispiel sei hier nur die optimierte Schadstoffemission des Motors als Funktion der dem Motor zugeführten Kühlleistung genannt. Ein Schadstoffsensor kann dabei ein entsprechendes Signal an das Steuergerät des Kühlkreislaufes weiterleiten, so dass das Steuergerät eine optimierte Konfiguration für die aktiven Stellelemente des Kühlkreislaufes zur Erzielung minimaler Schadstoffemissionen aufgrund einer optimierten Motortemperatur vornimmt. Im Steuergerät ist dazu in analoger Weise zu oben beschriebenen Temperaturverhalten ein Modell beziehungsweise eine Bedatung in Form eines Kennfeldes oder einer Datenbank vorhanden, die den Einfluss des Kühlmittelvolumenstroms auf die Schadstoffemission des Fahrzeuges beschreibt.

Abweichungen von den berechneten oder vorher im Steuergerät abgelegten Werten der Motorparameter können durch das Steuergerät nicht nur diagnostiziert sondern auch aktiv korrigiert werden. Zusätzlich zur Einregelung der stellbaren Kühlkreislaufkomponenten kann der Fahrzeugführer durch entsprechende Wahnsignale über die Abweichungen im Kühlsystem informiert werden. Die „Onboard Diagnose“ ermöglicht zudem das Erkennen von Fehlern oder Defekten im Kühlsystem, wie beispielsweise blockierte Ventile, gequetschte Verbindungsleitungen oder defekte Pumpen zu detektieren.

Das die aktiven Komponenten des Kühlkreislaufts regelnde Steuergerät kann in vorteilhafter Weise ein Motorsteuergerät sein.

#### Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in schematischer Weise in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen Motorraum eines Fahrzeuges in vereinfachter Darstellung, in dem sich ein Fahrzeugmotor mit einem Kühlkreislauf für diesen Motor befindet,

Figur 2 ein Blockschaltbild für die Temperaturregelung eines Fahrzeugmotors nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die Beschreibung, die Figuren und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Ein Fachmann wird diese Merkmale auch einzeln betrachten und zu weiteren, sinnvollen Kombinationen zusammenfassen.

In Figur 1 ist in vereinfachter, schematischer Darstellung ein Motorraum 10 eines Fahrzeuges wiedergegeben, in dem sich ein Verbrennungsmotor 12 sowie ein Kühlkreislauf 14 für diesen Verbrennungsmotor 12 befindet. Die Abwärme des Verbrennungsmotors 12 wird über den Kühlkreislauf 14, der ein Kühlsystem bildet, vorzugsweise nach außen abgeführt. Der Kühlkreislauf weist dazu einen Kühler 16 auf, der im Kühlluftstrom 18 des bewegten Fahrzeuges angeordnet ist. Der Kühlluftstrom 18, und damit indirekt auch die Kühlleistung



des Kühlsystems, kann über Luftklappen 20, die in der Karosserie 22 des Fahrzeuges angebracht sind, gesteuert werden. Die Kühlleistung des Kühlkreislauf ergibt sich aus der vorliegenden Temperatur des Kühlmittels sowie dem im Kühlsystem umgepumpten Kühlmittelvolumenstrom.

Zur Verbesserung der Kühlleistung des Kühlsystems ist zudem im Bereich des Kühlers 16 zumindest ein Lüfter 24 angeordnet, der aus einem Lüfterrad 26 und einem, dieses Lüfterrad 26 antreibenden Elektromotor 28 besteht. Alternativerweise können die Luftklappen 20 oder zusätzliche, weitere Luftklappen auch zwischen dem Kühler 16 und dem Lüfter 24 angeordnet sein.

Zur Umwälzung eines Kühlmittels 30 durch die Verbindungsleitungen 32 des Kühlsystems, besitzt das Kühlsystem eine elektrische Kühlmittelpumpe 34. Als Kühlmittel wird vorzugsweise Wasser verwendet, dem für tiefe Temperaturen ein entsprechender Kälteschutz beigemischt sein kann.

Das Kühlmittel 30 wird vom Kühler 16 kommend durch die Kühlmittelpumpe 34 und eine Vorlaufleitung 35 dem Motor 12 zugeführt. Zur Bestimmung der Kühlmitteltemperatur befindet sich im Bereich eines Kühlmittleinlasses 36 des Motors 12 ein Temperatursensor 38 im Kühlkreislauf. Das Kühlmittel 30 durchströmt den Motor 12 auf in Figur 1 nicht weiter dargestellten Wegen, wobei es eine bestimmte Wärmemenge vom Motor 12 aufnimmt, um anschließend diesen wiederum durch einen Kühlmittelauslass 40 zu verlassen. Darüber hinaus weist der Verbrennungsmotor 12 im Ausführungsbeispiel der Figur 1 einen zweiten Kühlmittelauslass 50 auf, über den ein Teil des erwärmten Kühlmittels einem Wärmetauscher, beispielsweise für den Innenraum des Kraftfahrzeuges, zugeführt werden kann.

In weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Verwendung einer Mehrzahl sowohl von Kühlmittelleinlässen als auch von Kühlmittelauslässen möglich. Auch sind komplexeren Kühlkreislaufarchitekturen, als das im Ausführungsbeispiel der Figur 1 dargestellte Kühlsystem mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vereinbar. Zur Beschreibung des Verfahrens ist in Figur 1 nur ein sehr vereinfachter, schematischer Kühlkreislauf dargestellt, der jedoch keine Beschränkung für die mögliche Kühlkreislaufarchitektur darstellen soll.

Im Bereich des Kühlmittelauslasses 40 des Motors 12 befindet sich ein weiterer, zweiter Temperatursensor 42, der die Temperatur des Kühlmittels 30 nach dem Austritt aus dem Motor 12 detektiert. Das Kühlmittel 30 gelangt über eine Rücklaufleitung 44 zurück zum Kühler 16 des Kühlkreislaufes. In der Rücklaufleitung 44 ist ein Ventil 46 vorgesehen, das es dem Kühlmittel ermöglicht, über eine Bypassleitung 48 den Kühler 16 zu umgehen. So ist es beispielsweise bei einem Kaltstart des Fahrzeuges möglich, das erwärmte Kühlmittel 30 nach Austritt aus dem Motor 12 diesem sofort wieder zuzuführen, ohne dass die Temperatur des Kühlmittels wesentlich abgesenkt wird. Auf diese Weise ist eine schnellere Erwärmung des Motors erreichbar, die zu einer deutlichen Schadstoffreduzierung während der Startphase des Kraftfahrzeuges führt.

Die aktiven Komponenten des Kühlsystems, wie beispielsweise die Luftklappen 20, der Lüfter 24, die Kühlmittelpumpe 34, das Bypassventil 46 und weitere im Ausführungsbeispiel nicht explizit gezeigte Komponenten des Kühlkreislaufs werden mit Hilfe eines Steuergerätes 52, welches einen Speicher 54, einen Verarbeitungsblock 66 und ein Vergleichsglied 68 besitzt über Datenleitungen 56 derart eingestellt beziehungsweise geregelt, dass der Motor 12 des Fahrzeuges zu jeder Zeit eines Fahrzyklusses eine optimale Temperatur

beziehungsweise Temperaturverteilung aufweist. Diese optimale Temperatur kann beispielsweise durch einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch oder auch eine möglichst geringe Schadstoffemission des Motors gekennzeichnet sein. Zur Detektion der aktuellen Schadstoffemission ist ein Schadstoffsensor 72 vorgesehen, der über eine Datenleitung 74 ebenfalls mit dem Steuergerät 52 verbunden ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors wird in Folgenden anhand eines Blockschaltbildes in Figur 2 weiter erläutert. Die aktiven, stellbaren Komponenten des Kühlsystems, wie die Luftklappen 20, der Lüfter 24, die Kühlmittelpumpe 34, das Bypassventil 46 und weitere im Ausführungsbeispiel nicht explizit definierte Komponenten 60 des Kühlkreislaufs sind über Signalleitungen 56, die auch die elektrische Stromversorgung dieser stellbaren Komponenten ermöglichen mit dem Steuergerät 52 verbunden. Bei den weiteren Komponenten 60 des Kühlkreislauf kann es sich beispielsweise um weitere, stellbare Ventile oder auch um eine zusätzliche Kühlmittelpumpe handeln. Die Temperatursensoren 38 beziehungsweise 42 zur Ermittlung der Kühlmitteltemperatur sind über entsprechende Datenleitungen 58 ebenfalls mit dem Steuergerät 52 verbunden.

Die elektrische Kühlmittelpumpe 34 besitzt eine Energieversorgung 62, die beispielsweise über das Steuergerät 52 an das Bordnetz des Fahrzeuges gekoppelt sein kann. Das Steuergerät 52 detektiert den Arbeitspunkt der Kühlmittelpumpe 34, das heisst, den von der Pumpe geförderten Volumenstrom - im Ausführungsbeispiel der Figur 2 - anhand des von der elektrischen Pumpe benötigten elektrischen Stromes I aus der Energieversorgung. Dieses Signal wird über eine Datenleitung 64 ebenfalls dem Steuergerät 52 zugeführt.

Das Steuergerät 52 berechnet aus den aktuell vorliegenden Ist-Parametern des Kühlkreislaufes, wie beispielsweise der aktuellen, detektierten Kühlmitteltemperatur beziehungsweise dem von der Kühlmittelpumpe 34 benötigten elektrischen Strom I den im Kühlkreislauf umgepumpten Kühlmittelvolumenstrom sowie daraus die Motortemperatur beziehungsweise die Temperaturen verschiedener Motorbauteile.

Im Speicher 54 des Steuergerätes 52 abgelegt ist ein thermische Modell des Kühlkreislaufes mit seinen Komponenten, wie beispielsweise der Verbindungsführung, der Viskositätsänderung des Kühlmittels, der Stellung der Ventile, der Kühlleistung des Kühlers 16 sowie des Lüfters 24 und weiterer, das Kühlsystem beschreibende Parameter. Im Steuergerät 52 ist somit eine Bedatung vorhanden, die den Einfluss eines bestimmten Kühlmittelvolumenstroms auf die Motortemperatur beziehungsweise auf die Temperatur verschiedener Bauteile des Motors modelliert.

Ebenfalls im Speicher 54 des Steuergeräts 52 hinterlegt sind die Kennlinien der Kühlmittelpumpe 34. Die elektrische Pumpe 34 wird im stationären Betriebszustand einen konstanten Volumenstrom fördern. Dies geschieht bei konstanter elektrischer Spannung U, konstantem elektrischen Strom I und einer vorgegebenen Drehzahl N der Pumpe. Der jeweilige Betriebspunkt der Pumpe, das heisst der Druckaufbau  $\Delta P$  sowie der Volumenstrom  $\Delta V/\Delta t$  kann somit anhand der Pumpenkennlinien sowie dem gespeicherten Strömungswiderständen des Kühlkreislaufes aus der Kenntnis der Werte von elektrischer Spannung U, elektrischem Strom I und Drehzahl N der Pumpe durch das Steuergerät bestimmt werden. So kann das Steuergerät beispielsweise aus der Messung des elektrischen Stroms I, den die Pumpe bei konstanter Ansteuerung durch eine konstante elektrische Spannung U sowie bei konstanter Drehzahl N zieht, auf den

durch die Pumpe geförderten Volumenstrom schließen. Der benötigte elektrische Strom I der Kühlmittelpumpe kann somit zur Auswertung und Diagnose des von der Pumpe 34 geförderten Kühlmittelvolumenstroms genutzt werden. Der auf diese Weise über den elektrischen Strom der Pumpe 34 diagnostizierte Volumenstrom des Kühlmittels wird zusammen mit der beispielsweise über den Temperatursensor 42 bestimmten Kühlmitteltemperatur vom Steuergerät genutzt, um die aktuelle Motortemperatur zu errechnen.

Ein Vergleich der Daten der ermittelten, aktuell vorliegenden Motortemperatur beziehungsweise dem dieser Motortemperatur zugrunde liegenden Kühlmittelvolumenstrom, aus dem Verarbeitungsblock 66 mit dem im Speicher 54 des Steuergeräts 52 abgelegten Modell für die optimale Kühlmitteltemperatur und den optimalen Kühlmittelvolumenstrom wird in einem Vergleichsglied 68 des Steuergerätes 52 durchgeführt. Über das Vergleichsglied 68 generiert das Steuergerät 52 ein, beziehungsweise mehrere Korrektursignale 56. Das Korrektursignal wird dazu genutzt, die aktiven Elemente des Kühlkreislaufs, wie beispielsweise die Kühlmittelpumpe 34, das Kühlluftgebläse 24, das Bypassventil 46 oder auch die Luftklappen 20 zu steuern beziehungsweise einzuregeln. So lässt sich beispielsweise durch Regelung der Kühlmittelpumpe 34 der Kühlmittelvolumenstrom durch den Motor 12 einstellen und eine Optimierung der Temperatur des Motors beziehungsweise der Temperaturen diverser Motorbauteile in Hinsicht auf den Kraftstoffverbrauch und/oder die Schadstoffemission erreichen.

In analoger Weise liefert das Steuergerät 52 auch ein Stell- und Regelsignal an das Bypassventil 46, welches durch Öffnen beziehungsweise Schließen der Bypassleitung 48 die Temperatur des Kühlmittels am Kühlmittleinlass 36 auf den gewünschten Wert einregeln kann. Zur Überprüfung der

Funktionsfähigkeit dieses Regelmechanismus kann der Temperatursensor 38 die Kühlmitteltemperatur vor dem Kühlmittleinlass 36 des Motors 12 bestimmen und dieses Signal an das Steuergerät 52 weiterleiten. Auf diese Weise ist es möglich, eine defekte Komponente des Kühlkreislaufts zu detektieren, sollte dieser thermisch nicht den Vorgaben des Steuergeräts 52 und des im Steuergerät abgelegten thermischen Modells folgen.

Im Speziellen lässt sich so beispielsweise die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels in der Startphase des Verbrennungsmotors, mit einem im Steuergerät abgelegten, zeitabhängigen Modell der Kühlmitteltemperatur für diese Phase vergleichen. Bei Abweichen der Ist-Temperaturwerte von den vorgegebenen Soll-Temperaturwerten, die beispielsweise in Form eines Temperaturbereichs im Speicher 54 des Steuergerätes 52 abgelegt sein können, wird vom Steuergerät 52 zusätzlich ein entsprechendes Warnsignal abgesetzt, das auf eine Fehlfunktion des Kühlkreislaufts und damit auf eine eventuelle vorliegende defekte Komponente hinweist.

Des Weiteren verfügt das Steuergerät beispielsweise auch über entsprechende Schadstoffsensoren 72, die die aktuelle Schadstoffemission des Verbrennungsmotors detektieren und über eine Verbindung 74 an den Verarbeitungsblock 66 des Steuergerätes 52 melden. Die Schadstoffsensoren 72 ermöglichen so ebenfalls durch einen Vergleich 68 mit entsprechenden, im Speicher 54 des Steuergerätes abgelegten Daten, die Einregelung der Motortemperatur auf ihren jeweils optimalen Wert.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

So lässt sich die vorliegende Motortemperatur beziehungsweise die Bauteiltemperatur des Motors indirekt auch über andere Kenngrößen der Kühlmittelpumpe diagnostizieren. Wenn bei konstanter Ansteuerung, das heisst bei konstanter elektrischer Spannung  $U$ , die Pumpe immer einen konstanten elektrischen Strom  $I$  „zieht“, dann kann aus der Drehzahl  $N$  der Pumpe auf deren Last und somit auf den geförderten Volumenstrom geschlossen werden. Mit Hilfe des so detektierten Volumenstroms und der gemessenen Kühlmitteltemperatur kann dann wiederum auf eine Bauteiltemperatur des Motors geschlossen werden.

Wird eine andere physikalische Größe zur Ansteuerung der Kühlmittelpumpe verwendet, wie beispielsweise der elektrische Strom  $I$ , so müssen die jeweils anderen Kenngrößen ( $U, N$ ) der Kühlmittelpumpe vom Steuergerät 52 erfasst und verarbeitet werden. Die Messgrößen ( $U, I, N$ ) werden aktuell vom Steuergerät 52 ausgewertet und dort mit dem rechnerischen Modell sowie den abgelegten Kennlinien der Pumpe verglichen. Abweichungen von den berechneten oder vorher im Steuergerät abgelegten Daten ermöglichen so ein Erkennen von Fehlern im Kühlsystem, beispielsweise durch blockierte Ventile, defekte Leitungen, oder auch eine nicht funktionstüchtige Kühlmittelpumpe.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auf einfache und effiziente Weise eine „Onboard-Diagnose“ des Kühlkreislaufs eines Kraftfahrzeuges möglich, die im Speziellen auch die Einhaltung bestimmter Schadstoffemissionen des Verbrennungsmotors gewährleisten kann.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors, insbesondere eines Verbrennungsmotors (12), der über wenigstens eine Vorlaufleitung (35) und wenigstens eine Rücklaufleitung (44) innerhalb eines Kühlkreislaufs (14) mit einem Kühler (16) verbunden ist, welcher seinerseits wiederum über eine ventilgeregelte Bypassleitung (48) zwischen der wenigstens einer Vorlaufleitung (35) und der wenigstens einer Rücklaufleitung (44) umgangen werden kann, sowie mit mindestens einer steuer- und/oder regelbaren Pumpe, insbesondere einer elektrischen Pumpe (34) zur Umwälzung eines Kühlmittels durch den Kühlkreislauf (14), wobei ein Steuergerät (52) die Kühlleistung des Kühlkreislaufs (14) steuert und/oder regelt, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Bauteiltemperatur des Motors (12) durch eine Kühlmitteltemperatur und einen Volumenstrom des Kühlmittels durch den Motor (12) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch den Motor (12) umgewälzte Volumenstrom des Kühlmittels aus dem von der Pumpe (34) benötigten elektrischen Strom (I) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch den Motor (12) umgewälzte Volumenstrom des Kühlmittels aus der über der Pumpe (34) anliegenden elektrischen Spannung (U) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Steuergerät (52) ein numerisches Modell des Kühlkreislaufs (14) mit seinen Komponenten, insbesondere dem Motor (12), der Pumpe (34) sowie deren Lastkurve und den Verbindungsleitungen (32) datenmäßig abgelegt ist, welches die Abhängigkeit der



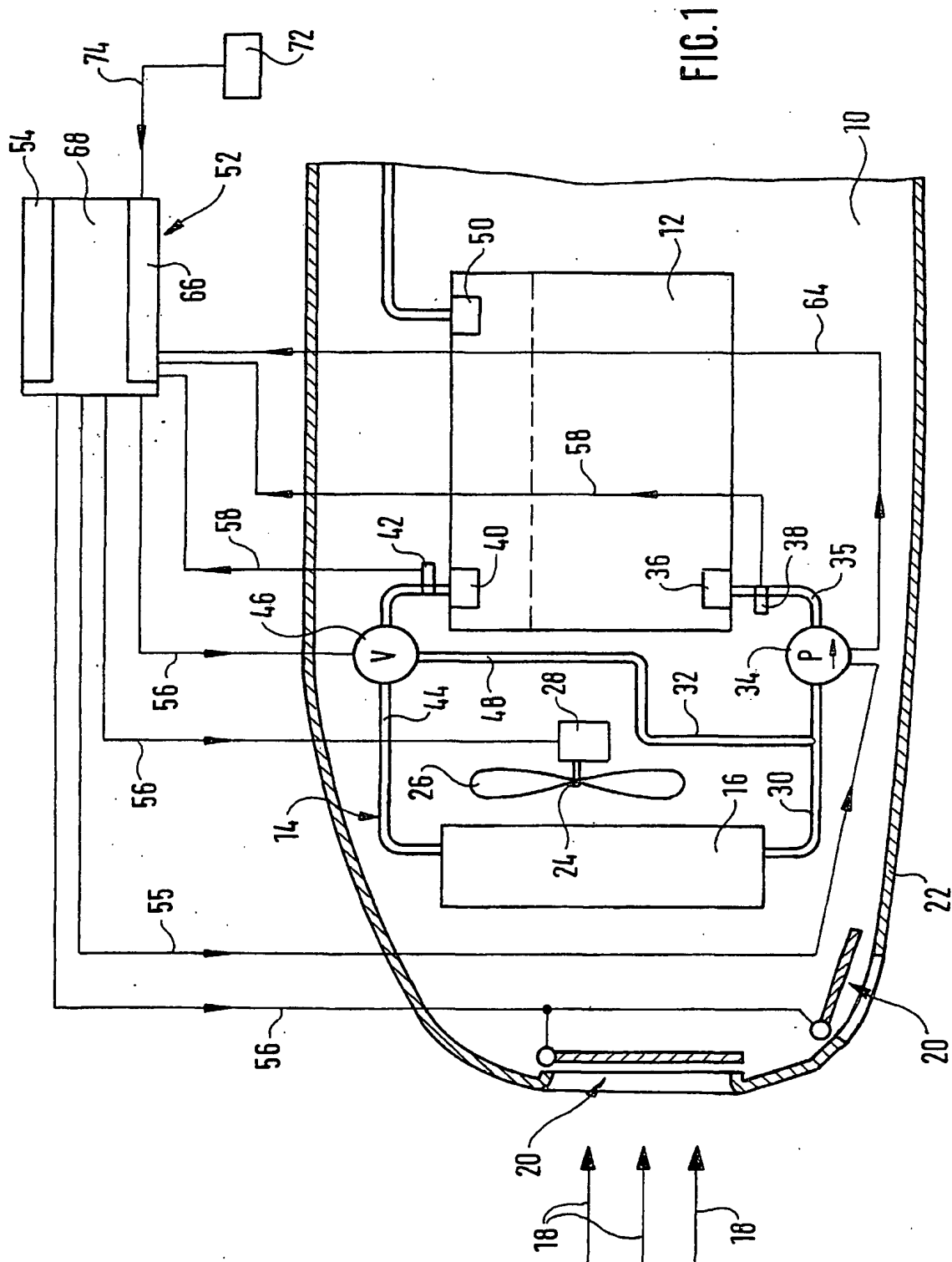
mindestens einen Bauteiltemperatur des Motors (12) vom Kühlmittelvolumenstrom beschreibt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch einen Vergleich mindestens einer ermittelten Ist-Bauteiltemperatur mit den im Steuergerät (52) abgelegten Daten der zugehörigen Soll-Bauteiltemperatur mindestens ein erstes Korrektursignal (55) zur Änderung des Kühlmittelvolumenstroms durch den Motor (12) generiert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmitteltemperatur über mindestens einen Temperatursensor (72) erfasst wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels mit einem im Steuergerät (52) abgelegten, zeitabhängigen Modell für die Kühlmitteltemperatur verglichen wird und mindestens ein zweites Korrektursignal (56) entsprechend einer vorliegenden Abweichung der Ist-Kühlmitteltemperatur von der Soll-Kühlmitteltemperatur generiert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge der Pumpe (34) entsprechend dem mindestens einen ersten (55) und/oder dem mindestens einen zweiten (56) Korrektursignal zur Änderung des Kühlmittelvolumenstromes gesteuert und/oder geregelt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein im Kühlkreislauf (14) befindliches Ventil, insbesondere ein elektrisch steuerbares Ventil (46) und/oder ein, dem Kühler (16) zugeordnetes Kühlluftgebläse (24) und/oder

Luftklappen (20) entsprechend dem mindestens einen ersten (55) und/oder dem mindestens einen zweiten (56) Korrektursignal zur Erzielung eines vorgebbaren Kühlmittelvolumenstromes und /oder einer vorgebbaren Kühlmitteltemperatur gesteuert beziehungsweise geregelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (52) die Kühlleistung des Kühlkreislaufs (14) und insbesondere den Kühlmittelvolumenstrom unter Berücksichtigung zumindest eines weiteren Parameters, insbesondere der Schadstoffemission des Motors (12) steuert beziehungsweise regelt.

1/2



2/2

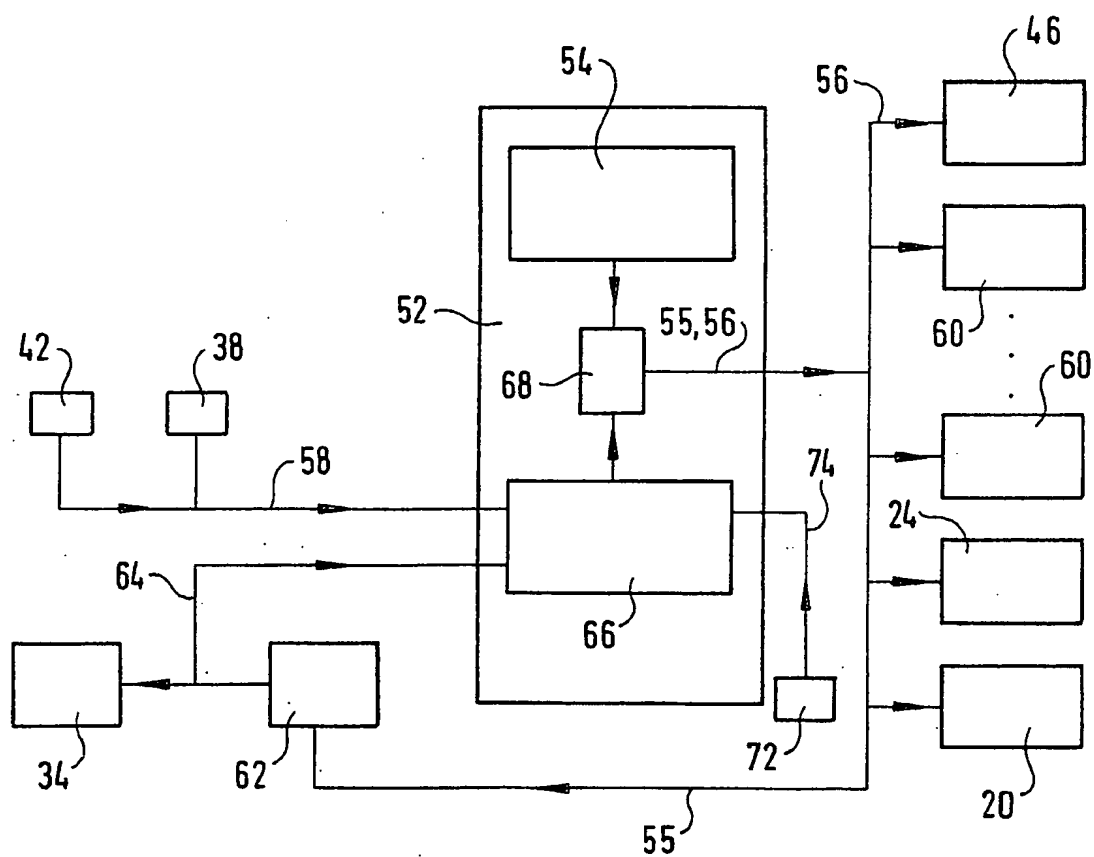


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No

PCT/DE 02/02254

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01P7/16 F01P11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 965 737 A (SIEMENS CANADA) 22 December 1999 (1999-12-22) page 3, line 48 -page 5, line 39; figure ---	1,6,9,10
A	DE 199 33 794 A (DENSO) 3 February 2000 (2000-02-03) column 3, line 49 -column 6, line 65; figures -----	1,6,9,10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2002

Date of mailing of the international search report

17/10/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kooijman, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern

Application No

PCT/DE 02/02254

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 965737	A	22-12-1999	US	6178928 B1	30-01-2001
			EP	0965737 A2	22-12-1999
DE 19933794	A	03-02-2000	JP	2000045773 A	15-02-2000
			DE	19933794 A1	03-02-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern : Aktenzeichen  
PCT/DE 02/02254

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F01P7/16 F01P11/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 965 737 A (SIEMENS CANADA) 22. Dezember 1999 (1999-12-22) Seite 3, Zeile 48 -Seite 5, Zeile 39; Abbildung ----	1,6,9,10
A	DE 199 33 794 A (DENSO) 3. Februar 2000 (2000-02-03) Spalte 3, Zeile 49 -Spalte 6, Zeile 65; Abbildungen -----	1,6,9,10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Oktober 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kooijman, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Interne

Aktenzeichen

PCT/DE 02/02254

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 965737	A	22-12-1999	US	6178928 B1	30-01-2001
			EP	0965737 A2	22-12-1999
DE 19933794	A	03-02-2000	JP	2000045773 A	15-02-2000
			DE	19933794 A1	03-02-2000